

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 24 289 A 1



Rec'd PCT/PTO 01 MAR 2005
Int. Cl. 6:

F 16 F 15/02

B 62 D 33/06

B 62 D 33/077

21 Aktenzeichen: P 43 24 289.8
22 Anmeldetag: 20. 7. 93
43 Offenlegungstag: 26. 1. 95

DE 43 24 289 A 1

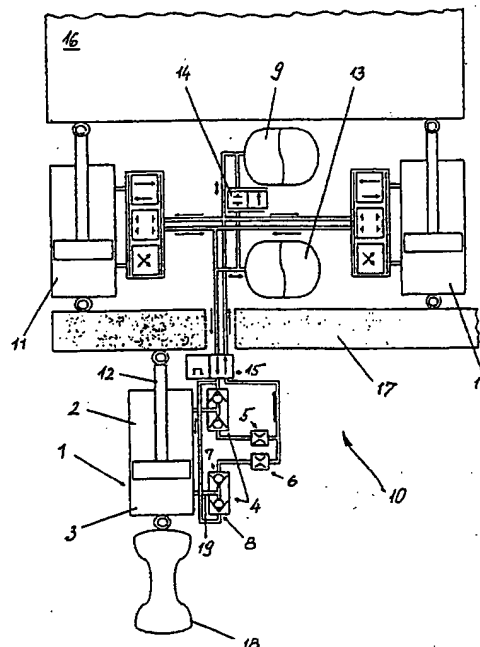
71 Anmelder:
Iveco Magirus AG, 89079 Ulm, DE

74 Vertreter:
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 81679 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., 33617 Bielefeld; Umer, P.,
Dipl.-Phys. Ing.(grad.); Merkle, G., Dipl.-Ing. (FH),
Pat.-Anwälte, 81679 München

72 Erfinder:
Wiesmeier, Albert, Dipl.-Phys. Dr., 89188
Merklingen, DE; Uffelmann, Friedrich, Dr.-Ing., 89264
Weißenhorn, DE

54 Verfahren und Vorrichtung zur Reduzierung von Schwingungen einer gefederten Masse

57 Bei einer Aktivfederung (10) einer gefederten Masse, insbesondere Federung eines Nutzfahrzeug-Fahrerhauses (16), mit angesteuerten Aktivzylindern (11) zwischen Fahrerhaus (16) und Rahmen (17) wird vorgeschlagen, die Schwingungsenergie einer anderen passiven oder semiaktiven gefederten Masse, insbesondere der Aufbaufederung des Nutzfahrzeuges, als Stellenergie zur Ansteuerung der Aktivzylinder (11) der Aktivfederung (10) zu verwenden. Bekannte Schwingungsdämpfer sind zweckmäßigerweise durch doppeltwirkende Differentialzylinder (1) ersetzt, welche in einem geschlossenen Hydraulikkreis des Aktivfederungssystems angeordnet sind.



DE 43 24 289 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 064/138

8/29

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduzierung von Schwingungen einer gefederten Masse, insbesondere Federung eines Nutzfahrzeuges, mit einer Aktivfederung mit zumindest einem angesteuerten Aktivzylinder.

Teile eines Fahrzeugs wie z. B. Räder, Achse oder Fahrgestell führen bei einer Fahrt des Fahrzeugs auf unebenem Gelände oder über Fahrbahnebenenheiten Schwingungen in vertikaler Richtung aus, wobei ein Teil der Vortriebsenergie in potentielle und kinetische Schwingungsenergie umgewandelt wird. Diese Fahrzeugkomponenten führen eine Relativbewegung aus, da normalerweise die Räder dem Bodenprofil folgen, während der Fahrzeugaufbau möglichst "schweben", d. h. möglichst wenig Vertikalbewegungen bezüglich des Inertialsystems der Erde ausführen soll. Federungen haben nun die Aufgabe, für eine Abstützung der gefederten Masse z. B. gegenüber der Erdanziehung zu sorgen und dabei die notwendigen Relativbewegungen möglichst ungehindert zuzulassen.

Konventionelle Federungen lösen diese Aufgabe durch ein Feder-Dämpfer-System, wobei ein Teil der Schwingungsenergie im Dämpfer infolge der Reibung in Wärme umgewandelt und dissipiert wird. Aufgrund der thermodynamischen Gesetze ist sie dann nicht weiter nutzbar.

Der Nachteil konventioneller Federungssysteme in Nutzfahrzeugen ist, daß die Eigenfrequenzen der Fahrzeug-Teilmassen zu dicht beieinanderliegen, was im Bereich bis zu dem etwa 1,4-fachen der Eigenfrequenz statt zu einer Schwingungsreduktion zu einer Schwingungsverstärkung führt.

Aktivfederungssysteme, bei denen die Stellbewegung auf hydraulischem (oder pneumatischem) Weg erfolgt, sind in der Lage, die Resonanzüberhöhung der Schwingungsübertragungskette: Fahrgestell — Fahrerhaus — Sitzfeder zu unterbrechen. Die für die Stellbewegung notwendige Energieerzeugung erfolgt in der Regel mit einer an den Fahrzeugantrieb gekoppelten hydraulischen Pumpe. Deren Energiebedarf ist deutlich größer als die zur Aktivfederung nötige mechanische Energie. Die Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch liegt in der hohen Verlustleistung eines hydraulischen Systems, wenn die notwendige Stellkraft starken Schwankungen unterworfen ist.

Auch wenn es bei druckgeregelten Pumpen und "Load sensing" gelingt, die Verlustleistung deutlich zu reduzieren, bleiben selbst im Leerlauf ("Stand-by") merkliche Verluste. Darüber hinaus ist der Verschleiß, insbesondere der der Hydraulikpumpe unverändert.

Auch konventionelle Federungen, die im wesentlichen aus einer Tragfeder und einem dazu parallel wirkenden Schwingungsdämpfer bestehen, sind mit Energieverlusten verbunden, da die durch die Fahrbahnebenenheiten ausgelösten Schwingungen eine kinetische Energie darstellen, die im Schwingungsdämpfer in Wärmeenergie umgewandelt und dissipiert wird.

Aufbauend auf dem vorgenannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduzierung von Schwingungen einer gefederten Masse der eingangs genannten Art anzugeben, das bzw. die mit einfachen Mitteln höchst energiesparend zuverlässig betrieben werden kann, insbesondere bei einer Fahrerhausfederung eines Nutzfahrzeuges, wobei eine Aktivfederung mit zumindest einem angesteuerten Aktivzylinder vorgesehen ist.

Gelöst wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch ein Verfahren, bei dem bei einer anderen passiven oder semiaktiven gefederten Masse, insbesondere einer Aufbaufederung des Nutzfahrzeuges, deren Schwingungsenergie als Stellenergie des angesteuerten Aktivzylinders der Aktivfederung verwendet wird. Die Schwingungsenergie, welche sich nach dem Stand der Technik in Wärmeenergie umwandelt und nicht mehr zur Verfügung steht, wird also gemäß der Erfindung vorzugsweise in potentielle Energie umgewandelt, wodurch die nach dem Stand der Technik eine zusätzliche Energieversorgung schaffende Hydraulikpumpe klein dimensioniert oder ganz entfallen kann. Es wird also die Schwingungsenergie eines nach einem stochastischen Bewegungsgesetz bewegten Körpers für eine Aktivfederung eines anderen Körpers genutzt und gleichzeitig während der Nutzung der Schwingungsenergie des erstgenannten Körpers dessen Schwingungscharakteristik vorteilhaft beeinflusst, insbesondere eine Schwingungsreduktion ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhafterweise bei einer Aktivfederung eines Nutzfahrzeuges durchgeführt, bei dem die (bekannten) Schwingungsdämpfer der Aufbaufederung an der Hinter- und/oder Vorderachse des Nutzfahrzeuges auf beiden Seiten durch doppelt wirkende Differentialzylinder ersetzt sind, welche ihrerseits als Schwingungsdämpfer der Aufbaufederung fungieren und mit der aktiven Fahrerhausfederung verbunden sind und als Pumpzylinder der aktiven Fahrerhausfederung Energie zur Verfügung stellen.

Die Differentialzylinder sind vorteilhafterweise jeweils mit einer Anordnung von vier Rückschlagventilen und zwei Drosseln verbunden, wobei die Rückschlagventile paarweise nach dem Prinzip einer Wechselstrom-Vollweg-Gleichrichtung mit Hilfe von Dioden paarweise angeordnet sind, d. h. innerhalb eines Paares die Rückschlagventile gleichsinnig schaltet und die beiden Paare gegeneinander gerichtet sind, und jedes Paar über einen Mittenanschluß zwischen den Rückschlagventilen mit je einer Zylinderkammer des Differentialzylinders verbunden ist.

Zweckmäßigerweise sind die Ausström-Enden der Rückschlagventil-Paare jeweils auf eine Drossel geführt, während die Einström-Enden mit den Drosselausgängen mindestens indirekt verbunden sind.

Sind die Drosseln direkt mit den Einström-Enden der Rückschlagventil-Paare verbunden, weisen diese bevorzugt unterschiedlichen Drosselquerschnitt auf.

Die Differentialzylinder können an einen zentralen Akkumulator angeschlossen sein.

Auch kann parallel zu den Aktivzylindern eine hydro-pneumatische Feder geschaltet sein, welche bevorzugt Teil einer Niveauregelung des Nutzfahrzeuges ist.

Neben dem vorgenannten (Hochdruck-)Akkumulator kann zusätzlich ein weiterer Akkumulator im Rücklauf des Differentialzylinders vorgesehen sein, welcher als Niederdruck-Akkumulator fungiert.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn ein Überströmventil mit elektronischer Ansteuerung zwischen dem Hochdruck-Akkumulator im Vorlauf und dem zusätzlichen Niederdruck-Akkumulator im Rücklauf vorgesehen ist.

Die Drosseln können variable Drosseln mit einer elektronisch gesteuerten Stelleinrichtung sein.

Es ist zweckmäßig, ein Schaltventil vorzusehen, welches bei genügendem Druck auf normale Schwingungsdauer umschaltet und gleichzeitig das Hydrauliksystem

der aktiven Fahrerhausfederung vom Energienutzungssystem abtrennt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die aus einer einzigen Figur bestehende Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung ist in einem schematischen vertikalen Teilschnitt eine Aktivfederung eines Nutzfahrzeugs gezeigt.

Die Aktivfederung (10) gemäß Zeichnung besitzt auf beiden Seiten des Nutzfahrzeug-Fahrerhauses (16) Aktivzylinder (11), welche zwischen dem Fahrerhaus (16) und dem Fahrzeugrahmen (17) angeordnet sind und in einer Weise angesteuert werden, wie dies nachfolgend noch erläutert wird.

Unterhalb des Rahmens (17) befindet sich eine gefederte Achse: die bekannten Schwingungsdämpfer dieser gefederten Achse (18) sind durch Differentialzylinder (1) ersetzt, die im Betrieb die Funktion der Schwingungsdämpfung der Aufbaufederung erfüllen und als Pumpzylinder fungieren und Schwingungsenergie in einem Akkumulator (9) zur Verfügung stellen, der als Träger der potentiellen Energie im Hydraulikkreis des Aktivfederungssystems vorgesehen ist und ein komprimiertes Gasvolumen aufweist, welches bei einer Fluidentnahme aus dem Akkumulator für eine Aufrechterhaltung des Drucks in den durch die Gasgesetze gegebenen Grenzen sorgt.

Bei einer Energieentnahme muß nicht nur die Fluidmenge, sondern vor allem auch der Fluiddruck den Lastanforderungen entsprechen. Da aber die Schwingungen durch die vorwiegend stochastisch verteilten Fahrbahnebenheiten ausgelöst werden, steht zur Beladung des Akkumulators die kinetische Energie nicht immer in der benötigten Form, d. h. im entsprechenden Verhältnis von Kraft und Geschwindigkeit zur Verfügung.

Damit die Wahrscheinlichkeit, die kinetische Energie ausreichend in potentielle Energie umzuwandeln, genügend groß ist, muß zum einen das kinetische Energieangebot die geforderte potentielle Energie übersteigen und zum anderen die Umwandlung situationsgerecht erfolgen.

Wenn das Federungssystem mehrere gefederte Massen umfaßt, wie dies beispielsweise in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel bei einem Lastkraftwagen mit Rahmen (17) und Fahrerhaus (16) der Fall ist, dann lassen sich (passive oder semiaktive) Aufbau- oder Rahmenfederung und Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) vorteilhaft miteinander verbinden. Die auf beiden Fahrzeugseiten vorgesehenen doppelt wirkenden Differentialzylinder (1) der Aufbaufederung sind jeweils mit einer Anordnung von vier Rückschlagventilen (4) und zwei Drosseln (5, 6) verbunden. Nach dem Prinzip einer Wechselstrom-Vollweg-Gleichrichtung mit Hilfe von Dioden sind die Rückschlagventile (4) paarweise angeordnet. Innerhalb eines Paares sind die Rückschlagventile gleichsinnig geschaltet, während die beiden Paare gegeneinander gerichtet sind. Jedes Paar ist über einen Mittenanschluß (19) zwischen den Rückschlagventilen (4) mit je einer Zylinderkammer (2 bzw. 3) des Differentialzylinders (1) verbunden.

Ein Ausströmen des Fluids aus der Zylinderkammer (2 bzw. 3) über die Rückschlagventile (4) ist dann nur an einem Ende (7) eines Rückschlagventil-Paares, ein Einströmen nur über das andere Ende (8) möglich. Die Ausström-Enden (7) der Rückschlagventil-Paare sind jeweils auf eine Drossel (5 bzw. 6) geführt, während die Einström-Enden (8) mit den Drossel-Ausgängen mindestens indirekt verbunden sind. Damit wird durch eine

Auf- und Abbewegung des Zylinderkolbens (12) des Differentialzylinders (1) das Fluid in einen geschlossenen Hydraulikkreis gepumpt, wo es in der durch die Rückschlagventile (4) vorgegebenen Richtung zirkuliert.

Sind die Drosseln (5 bzw. 6) direkt mit ein Einström-Enden (8) der Rückschlagventil-Paare verbunden (nicht gezeigt), dann ist die Funktion eines gewöhnlichen Schwingungsdämpfers realisiert. Damit in Analogie dazu eine unterschiedliche Zug- und Druckstufe erreicht wird, sind zwei Drosseln mit unterschiedlichem Drosselquerschnitt erforderlich. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Schwingungsdämpfer kann aber der Fluidkreislauf aufgetrennt und dessen Energie genutzt werden.

Insbesondere ist die Einleitung des unter Druck stehenden Fluids z. B. in den zentralen Hochdruck-Akkumulator (9) zur Energiespeicherung möglich. Innerhalb des Leistungsbereichs des Akkumulators (9) kann diese hydraulische Energie beliebig entnommen und zur Versorgung der Aktivzylinder (11) der Aktivfederung (10) verwendet werden. Darüber hinaus gleicht der Akkumulator (9) die Volumenunterschiede aus, die mit dem Ein- bzw. Ausfahren des Kolbens (12) des Differentialzylinders (1) verbunden sind.

Durch die Zwischenspeicherung der hydraulischen Energie im Akkumulator (9) ist eine vollständige dynamische Entkopplung der passiven Aufbaufederung und der Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) erreicht. Jedoch ist im Mittel der Energiebedarf der aktiven Fahrerhausfederung an die Energieerzeugung aus der Aufbaufederung gekoppelt. Sinkt infolge geringerer Fahrbahnebenheiten der Energiebedarf der Aktivfederung (10), dann ist auch das Energieangebot aus der Aufbaufederung kleiner; bei Fahrzeugstillstand werden Energiebedarf und -erzeugung zu Null. Dieses System ist daher regelungstechnisch leichter zu beherrschen und ist im Leerlauf mangels bewegter Teile verschleißfrei.

Die Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) kann mit dieser dynamisch entkoppelten Energieversorgung nicht nur in bezug auf die Vertikaldynamik wirken, sondern auch Nick- und Wankbewegungen als Folge von Quer- und Längskräften unterdrücken, die nicht zur Energieaufnahme genutzt werden können.

Wegen der dynamischen Entkopplung der Kolbenbewegung des Differentialzylinders (1) von der Bewegung des Aktivzylinders (11) kann ferner — bei Bedarf — auch die Relativbewegung der Hinterachse des Nutzfahrzeugs zum Rahmen (17) für die Befüllung des Akkumulators (9) genutzt werden.

Obwohl das beschriebene hydraulische Energienutzungssystem unabhängig von der Ausführung der Aktivfederung (10) arbeitet, kann es besonders vorteilhaft mit einer speziellen Ausführungsform gekoppelt werden, nämlich wenn parallel zu den Aktivzylindern (11) eine hydropneumatische Feder geschaltet ist.

Wenn im Idealfall das Fahrerhaus (16) "schwebt", kann der Leistungsbedarf der Aktivfederung (10) angegeben werden mit:

1. Aktivzylinder ohne Tragfeder

$$P = G \cdot v$$

2. Aktivzylinder mit dazu parallelelere Tragfeder

$$P' = c \cdot (z_0 - z_c + \Delta z) \cdot v.$$

Es bedeuten:

G = Gewicht

c = Federkonstante,

z_0 = statische Mittellage (gerechnet von der Position bei vollständig entspannter Tragfeder — wegen der Orientierung der z -Koordinate nach oben in ihrem Betrag negativ),

z_e = Einfederung,

Δz = dynamische Auslenkung,

v = erforderliche Vertikalgeschwindigkeit.

Wenn gilt: $z_0 = z_e$, dann vereinfacht sich obiger Ausdruck zu:

$$P^* = C \cdot \Delta z \cdot v$$

und der Leistungsbedarf ist für eine bestimmte Federsteifigkeit minimal.

Ferner folgt aus diesen Gleichungen, daß bei entsprechender Federweichheit die Aktivfederung (10) mit paralleler Tragfeder energetisch günstiger ist als ohne Tragfeder, d. h. je weicher die Feder ist, umso geringer ist die notwendige Stellenergie.

Das hat jedoch den Nachteil, daß bei wechselnder Beladung die statische Ruhelage z_e stark variiert und damit die Aktivfederung (10) zusätzliche Energie aufwenden muß, um die statische Mittellage im Interesse maximal möglicher Federwege sicherzustellen. Mit Hilfe einer hydropneumatischen Federung läßt sich eine Niveauregelung technisch realisieren.

Damit Kavitation bzw. Ausgasen des Fluids vermieden werden, darf kein Unterdruck im Hydrauliksystem auftreten. Daher wird ein zusätzlicher Akkumulator (13) im Rücklauf vorgeschlagen, der dafür sorgt, daß das Fluid genügend Druck aufweist zum Einstromen in die Zylinderkammern (2 bzw. 3) des Differentialzylinders (1) über die Rückschlagventile (4).

Ein analog arbeitendes Überström- oder Bypass-Ventil (14) mit elektronischer Ansteuerung zwischen dem Hochdruck-Akkumulator (9) im Verlauf und dem Niederdruck-Akkumulator (13) im Rücklauf ermöglicht ein Energiemanagement.

Ebenso kann die Drossel (5 bzw. 6) durch eine elektronisch gesteuerte Stelleinrichtung sowohl in der Zug- als auch in der Druckstufe variabel gestaltet werden in Abhängigkeit der Schwingbewegung, so daß dann von einer semiaktiven Fahrwerkfederung gesprochen werden kann, welche in ihrem Prinzip bereits bekannt ist. Die Zielsetzung der Aufbaufederung ist jedoch von der bisherigen aufgrund ihrer jetzt doppelten Aufgabenstellung verschieden:

Während für eine bekannte semiaktive Federung die Verbesserung des Schwingungskomforts und die Verringerung der Radlastschwankungen ausschlaggebend sind, sind bei der Erfindung zusätzlich die Bewegungszustände zu erkennen, in denen eine Energieaufnahme möglich und sinnvoll ist. Dies ist in der Regel dann gegeben, wenn der Druck vor der Drossel (5 bzw. 6) den Druck im Akkumulator (9) übersteigt. Dieses Umschalten in der Aufgabenstellung wird erleichtert durch ein Schaltventil (15), das bei ungenügendem Druck auf normale Schwingungsdämpfung umschaltet und gleichzeitig das Hydrauliksystem der Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) vom Energienutzungssystem abtrennt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Schwingungen einer gefederten Masse, insbesondere Federung ei-

nes Nutzfahrzeug-Fahrerhauses (16), mit einer Aktivfederung (10) mit zumindest einem angesteuerten Aktivzylinder (11), dadurch gekennzeichnet, daß bei einer anderen passiven oder semiaktiven gefederten Masse, insbesondere einer Aufbaufederung des Nutzfahrzeuges, deren Schwingungsenergie als Stellenergie des angesteuerten Aktivzylinders (11) der Aktivfederung (10) verwendet wird.

2. Aktivfederung (10) eines Nutzfahrzeuges zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsdämpfer der Aufbaufederung an der Hinter- und/oder Vorderachse des Nutzfahrzeuges auf beiden Seiten durch doppelt wirkende, die Schwingungen der Aufbaufederung dämpfende Differentialzylinder (1) ersetzt sind, welche mit der Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) verbunden sind.

3. Aktivfederung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Differentialzylinder (1) jeweils mit einer Anordnung von vier Rückschlagventilen (4) und zwei Drosseln (5, 6) verbunden sind, wobei die Rückschlagventile (4) paarweise nach dem Prinzip einer Wechselstrom-Vollweg-Gleichrichtung mit Hilfe von Dioden paarweise angeordnet sind, d. h. innerhalb eines Paares die Rückschlagventile (4) gleichsinnig schaltet und die beiden Paare gegeneinander gerichtet sind, und jedes Paar über einen Mittenanschluß (19) zwischen den Rückschlagventilen (4) mit je einer Zylinderkammer (2, 3) des Differentialzylinders (1) verbunden ist.

4. Aktivfederung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausström-Enden (7) der Rückschlagventil-Paare jeweils auf eine Drossel (5 bzw. 6) geführt sind, während die Einstrom-Enden (8) mit den Drossel-Ausgängen mindestens indirekt verbunden sind.

5. Aktivfederung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drosseln (5, 6) unterschiedlichen Drosselquerschnitt besitzen und direkt mit den Einstrom-Enden (8) der Rückschlagventil-Paare verbunden sind.

6. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Differentialzylinder (1) an einem zentralen Akkumulator (9) angeschlossen sind.

7. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu den Aktivzylindern (11) eine hydropneumatische Feder geschaltet ist.

8. Aktivfederung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die hydropneumatische Feder Teil einer Niveauregelung des Nutzfahrzeuges ist.

9. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein zusätzlicher Akkumulator (13) im Rücklauf zum Differentialzylinder (1) vorgesehen ist.

10. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Überströmventil (14) mit elektronischer Ansteuerung zwischen dem (Hochdruck-)Akkumulator (9) im Vorlauf und dem zusätzlichen (Niederdruck-)Akkumulator (13) im Rücklauf vorgesehen ist.

11. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß variable Drosseln (5, 6) mit einer elektronisch gesteuerten Stelleinrichtung vorgesehen sind.

12. Aktivfederung nach einem der Ansprüche 2 bis

11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schaltventil (15) vorgesehen ist, das bei genügendem Druck auf normale Schwingungsdauer umschaltet und gleichzeitig das Hydrauliksystem der Aktivfederung (10) des Fahrerhauses (16) vom Energienutzungssystem 5 abtrennt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

